

TEACHING-LEARNING OF PARALLEL PROGRAMMING WITH GRAPHICS CARD: A SYSTEMATIC LITERATURE REVIEW

Roberto Barbosa De Almeida Júnior - UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ - Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-2737-2854>

Hadria De Wilton Santos Farias - UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ - Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-1972-6261>

Marcos Rodrigo Mendes Saavedra - UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ - Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-4698-6202>

Josivaldo De Souza Araújo - UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ - Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-6890-6923>

Presents a systematic literature review that has as main objective of identifying approaches in the teaching-learning process of Parallel Programming. However, it is specifically used graphic boards. The teaching of Parallel Programming, requires its own architectures and software, and trained teachers, who are able to define effective teaching methods. Therefore, students are able to acquire necessary competences and abilities for his/her education as well. Systematic Literature Review Main objective of identifying approaches in the teaching-learning process of Parallel Programming Define methodologies that are being used in the teaching of Parallel Programming Define methodologies that are being used in the teaching of Parallel Programming

Keywords: Teaching-Learning, Parallel Programming, Graphic Boards, High-Performance Computing, Teaching Methodologies

ENSINO-APRENDIZAGEM DA PROGRAMAÇÃO PARALELA COM PLACA GRÁFICA: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA

Apresenta uma Revisão Sistemática da Literatura com o objetivo de identificar abordagens no processo de ensino-aprendizagem da Programação Paralela, porém, especificamente, utilizando placas gráficas. O ensino da Programação Paralela requer arquiteturas e softwares próprios, e docentes capacitados, que sejam capazes de definir métodos de ensino eficazes, para que o aluno possa adquirir as competências e as habilidades necessárias para a sua formação. Revisão Sistemática da Literatura Identificar abordagens no processo de ensino-aprendizagem da Programação Paralela Definir metodologias que estejam sendo utilizadas no ensino da Programação Paralela. Definir metodologias que estejam sendo utilizadas no ensino da Programação Paralela.

Palavras-chave: Ensino-Aprendizagem, Programação Paralela, Placas Gráficas, Computação de Alto Desempenho, Metodologias de Ensino

TEACHING-LEARNING OF PARALLEL PROGRAMMING WITH GRAPHICS CARD: A SYSTEMATIC LITERATURE REVIEW

ENSINO-APRENDIZAGEM DA PROGRAMAÇÃO PARALELA COM PLACA GRÁFICA: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA

ABSTRACT: *High Performance Computing has been a reality in any research center nowadays. For that reason, it needs people who can follow not only the advancement of this technology; however, it needs people who are also able to present solutions for existing problems in the most varied branches of knowledge. The teaching of Parallel Programming, which is a part of High-Performance Computing, is necessary and urgent. Nevertheless, this approach requires its own architectures and software, and trained teachers, who are able to define effective teaching methods. Therefore, students are able to acquire necessary competences and abilities for his/her education as well. From this perspective, the teaching of Parallel Programming is not limited to the use of several processors that are communicating and working harmoniously, but the use of graphics cards and their interaction with the processors as well. Thus, this paper presents a systematic literature review that has as main objective of identifying approaches in the teaching-learning process of Parallel Programming. However, it is specifically used graphic boards in order to define methodologies that are being used in the teaching of this axis of Computing formation.*

Keywords: *Teaching-Learning, Parallel Programming, Graphic Boards, High-Performance Computing.*

RESUMO: A Computação de Alto Desempenho, é hoje, uma realidade em qualquer centro de pesquisa, e por conta disso, necessita de pessoas que possam acompanhar, não apenas o avanço dessa tecnologia, mas também, que seja capaz de apresentar soluções para os problemas existentes nos mais variados ramos do conhecimento. O ensino da Programação Paralela, que é uma parte da Computação de Alto Desempenho, faz-se necessária e urgente. Porém, essa abordagem requer arquiteturas e softwares próprios, e docentes capacitados, que sejam capazes de definir métodos de ensino eficazes, para que o aluno possa adquirir as competências e as habilidades necessárias para a sua formação. No entanto, o ensino da Programação Paralela não se resume a apenas a utilização de vários processadores se comunicando e trabalhando de forma harmoniosa, mas, também, ao uso de placas gráficas, e a interação destas com os processadores. Dessa forma, este trabalho apresenta uma Revisão Sistemática da Literatura com o objetivo de identificar abordagens no processo de ensino-aprendizagem da Programação Paralela, porém, especificamente, utilizando placas gráficas, afim de definir metodologias que estejam sendo utilizadas no ensino deste eixo de formação da Computação.

Palavras-chave: Ensino-Aprendizagem, Programação Paralela, Placas Gráficas, Computação de Alto Desempenho.

1. INTRODUÇÃO

A Computação de Alto Desempenho (*High-Performance Computing - HPC*) se solidificou como uma importante área e, principalmente, uma ferramenta valiosa para a

sociedade moderna, pois é utilizada para a solução dos mais variados tipos de problemas, inclusive àqueles que exigem modelos de programação próprios, com elevados graus de complexidade, explorando arquiteturas paralelas com novos modelos de programação (Bachiega, 2018).

Nem sempre, porém, a pesquisa consegue acompanhar o ensino, fazendo com que muitas vezes, formem-se verdadeiros abismos entre o que se pesquisa, e o que se ensina nos cursos de graduação (Fenwick, 2020). Isso porque o ensino da Programação Paralela, que é parte da HPC, traz novos desafios quando comparada à Programação tradicional, também chamada de Programação sequencial, pois insere diferentes primitivas de comunicação e sincronização, além de abstrações nos conceitos de processos ou *threads*, que passam a ter diferentes modelos de programação, isso tudo, somado ao impacto no desenvolvimento e desempenho das aplicações em função do tipo de arquitetura utilizada (Bachiega, 2018).

Contudo, o ensino da Programação Paralela não se limita ao uso de vários processadores. Uma outra fonte de poder computacional, é a Unidade de Processamento Gráfico, ou GPGPU (*General Purpose Graphics Processing Unit*), que vêm sendo utilizada há décadas, complementando o grande número de cálculos necessários para a exibição de gráficos. Porém, em 2007, a NVIDIA¹ lançou o CUDA (*Compute Unified Device Architecture*), que revolucionou o ambiente de programação paralela com as GPGPUs. Esta arquitetura envolve o uso das placas gráficas para resolver uma variedade de problemas de paralelismo de dados, não apenas aqueles envolvendo gráficos. CUDA C/C++ é uma extensão das linguagens de programação C/C++ que fornece uma poderosa ferramenta computacional paralela usando a placa de vídeo da NVIDIA, no entanto, existem outros modelos de programação que podem ser utilizados com outros fornecedores de placas gráficas, entre os quais estão o OpenCL² e o OpenACC³ (Fenwick, 2020).

São muitos os desafios impostos ao ensino da Programação Paralela, começando com o método de ensino, se é eficaz para que o aluno adquira as competências necessárias, chegando até a arquitetura básica necessária para a realização da prática (Bachiega, 2017). E pelas dificuldades, talvez impostas, o ensino da Programação Paralela com placas gráficas, mostra-se como um desafio ainda maior.

Nesse sentido, este trabalho apresenta uma Revisão Sistemática da Literatura com o objetivo de identificar abordagens e relatos de experiências envolvendo, especificamente, o ensino da Programação Paralela utilizando placas gráficas. Para isso, este trabalho é composto por cinco seções. A seção 2, relata os trabalhos relacionados ao tema proposto, bem como, a justificativa para o seu desenvolvimento. Na seção 3, é descrita a metodologia utilizada na Revisão Sistemática da Literatura. Já na seção 4, são apresentados os resultados, e as respostas às questões de pesquisa. E na seção 5, são discutidas as considerações finais e as propostas para o desenvolvimento de trabalhos futuros.

2. TRABALHOS RELACIONADOS E JUSTIFICATIVA.

Existem hoje, na literatura, muitos trabalhos relacionados ao uso da Programação Paralela como solução para os mais variados tipos de problemas, nas mais variadas áreas do conhecimento, no entanto, nem sempre o ensino, consegue acompanhar os largos passos dados pela pesquisa. Isso pode ser visto em (Chen, 2018), onde ele relata a experiência dos

¹ <https://www.nvidia.com/pt-br/>

² <https://developer.nvidia.com/opencv>

³ <https://www.openacc.org/>

pesquisadores que se destacaram nos últimos anos, inserido o computador chinês, entre os melhores na lista do TOP500⁴, mas que, quando o foco é o ensino da Programação Paralela, acabam ficando muito atrás do que está sendo feito no resto do mundo. Destacam que, existe uma enorme lacuna entre a pesquisa em Computação de Alto Desempenho (CAD), e o ensino de CAD. E por conta disso, propõem uma mudança nos currículos dos cursos de Computação, inserindo a Programação Paralela e Distribuída, nos primeiros anos do curso.

Já em (Bachiega, 2017) apresenta um panorama do ensino da Programação Paralela e Distribuída (PPD) em algumas universidades brasileiras, destacando a sua importância, bem como, o alinhamento às diretrizes curriculares propostas por importantes instituições, como a ACM (*Association for Computing Machinery*) e o IEEE (*Institute of Electrical and Electronics Engineers*), no contexto mundial, na área da Computação, e da SBC (Sociedade Brasileira da Computação), no cenário nacional. Todas as instituições recomendam o ensino da PPD como uma competência que deve ser desenvolvida nos eixos de formação nos cursos de Computação.

Em outro estudo realizado por (Bachiega, 2018), os autores realizam um Mapeamento Sistemático da Literatura, onde destacam os principais métodos utilizados para o ensino da Programação Paralela. Um ponto importante deste trabalho é que dos estudos listados, apenas três, citam que utilizam algum conceito com placas gráficas: um com OpenCL (Arroyo, 2013), um com CUDA (Burkart et al, 2014) e outro com GPGPU (Shamsi et al, 2015). Com isso, pode-se destacar que muitas instituições, nos seus cursos de graduação de Computação, promovem o ensino da Programação Paralela, no entanto, são poucos os trabalhos que relatam experiências de ensino, utilizando placas gráficas.

Em seu trabalho (Fenwick, 2020), relata as dificuldades em encontrar estudos onde educadores compartilham suas experiências com o ensino da Programação Paralela utilizando placas gráficas. Por conta disso, em seu trabalho, relata a sua experiência em um curso que foi ministrado inteiramente usando GPGPU (*General Purpose Graphics Processing Unit*).

Essa Revisão Sistemática da Literatura, difere-se de outras já realizadas no contexto do ensino da Programação Paralela, pois tem como proposta, realizar um levantamento de estudos que abordem metodologias de ensino, porém especificamente, utilizando placas gráficas como objeto de estudo, no processo de ensino-aprendizagem.

2.1. Justificativa

A revisão sistemática proposta visa identificar diferentes abordagens no contexto do ensino da programação paralela, porém utilizando placas gráficas. A partir da identificação destas abordagens, esta revisão evidenciará práticas e métodos utilizados para propor, em trabalhos futuros, metodologias que possam auxiliar no processo de ensino-aprendizagem da programação paralela com GPGPU. Desta forma, têm-se a seguinte estrutura para o objetivo, conforme proposto em (Pereira, 2019):

- ✓ **Analisar:** relatos de experiência e publicações científicas através de um estudo baseado em revisão sistemática;
- ✓ **Com o propósito de:** identificar abordagens existentes no ensino da programação paralela utilizando placas gráficas (GPU);
- ✓ **Com relação ao:** ao uso de métodos, técnicas e práticas, no contexto do ensino através do uso de placas gráficas, em ambientes acadêmicos.

⁴ <https://top500.org/>

- ✓ **Do ponto de vista:** de professores, pesquisadores e profissionais da área de computação de alto desempenho.
- ✓ **No contexto:** acadêmico.

3. REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA

A principal meta de uma RSL consiste em realizar pesquisa exaustiva na literatura, em busca de evidências que possam apoiar uma determinada hipótese, ou simplesmente a busca por conhecimento aprofundado acerca de certo fenômeno de interesse. Para tal, a revisão sistemática faz uso de estudos previamente publicados e validados pertinentes ao tópico de interesse: os estudos primários, estudos de natureza experimental que envolvem hipóteses e resultados obtidos com pesquisas e experimentação, a partir de diferentes métodos, como *surveys*, estudo de caso e experimentos (Mafra e Travassos, 2006).

A Revisão Sistemática consiste em um estudo secundário, por utilizar como base estudos primários previamente publicados. Assim, pode ser feita a integração de diversos estudos experimentais, de forma a comparar seus resultados, visto que nenhum estudo individualmente pode ser considerado definitivo (Mafra e Travassos, 2006), sendo necessária a confirmação de resultados obtidos a partir da análise de um número maior de estudos.

3.1. Fatores da Pesquisa

Para a RSL, neste artigo, foram definidas as seguintes perguntas bibliométricas e de pesquisa:

- Perguntas Bibliométricas:
 - **QB.1:** Qual é a quantidade de trabalhos retornados por indexador de estudos?
 - **QB.2:** Qual é a quantidade de estudos retornados por ano?
 - **QB.3:** Qual é a quantidade de estudos retornados por país?
 - **QB.4:** Quantidade de estudos por tipo de estudo? (teórico ou relato de experiência).
 - **QB.5:** Qual é a quantidade de estudos retornados por tipo de publicação? (conferência, periódico ou workshop).
- Perguntas de pesquisa:
 - **QP.1:** Quais são as abordagens utilizadas para o ensino-aprendizagem da programação paralela utilizando placas gráficas?

A questão levantada foi organizada conforme a estrutura *Population, Intervention, Context, Outcomes, Comparison* (PICOC), recomendada por (Kitchenham, 2007). Entretanto, apenas os itens População, Intervenção, Contexto e Resultados foram considerados relevantes para a pesquisa. Tal restrição, segundo (Pereira, 2019), caracteriza esta pesquisa como uma Revisão QUASI Sistemática da Literatura.

Na questão de pesquisa, objetiva-se em identificar abordagens utilizadas por professores e pesquisadores (População) da educação do ensino superior que relatassem atividades de ensino da programação paralela utilizando placas gráficas (Intervenção), na qual, busca-se encontrar métodos, práticas e metodologias aplicadas ao ensino da programação paralela com placas gráficas (Resultados), (Santos, 2010). Logo, definiu-se a seguinte estrutura de pergunta de pesquisa, de acordo com o Quadro 1.

Quadro 1 - Estrutura da Questão de Pesquisa

População (P):	Tipo de sistema que será observado.
Intervenção (I):	Abordagem existentes para o ensino da programação paralela utilizando placas gráficas.
Contexto (C):	Práticas de ensino.
Resultados (O)	Métodos, práticas e metodologias aplicadas ao ensino da programação paralela com placas gráficas.

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Um conjunto de questões secundárias referentes à primeira questão principal foram estabelecidas, questões estas para serem respondidas durante a fase de extração de informações. Tais questões têm o objetivo de esclarecer detalhes importantes que esta revisão procura identificar, para colaborar com o projeto onde este se insere:

- **QS.1:** Quais os métodos de avaliação foram utilizados para verificar o aprendizado dos alunos?
- **QS.2:** Quais os problemas são solucionados, nos ambientes de ensino, utilizando a programação paralela com placas gráficas?
- **QS.3:** O ensino da programação paralela foi realizado em uma disciplina específica, ou foi ministrada como um tópico dentro de outra disciplina?
- **QS.4:** Quais as técnicas e/ou ferramentas (cluster físico, placa gráfica, virtualização, bibliotecas) desenvolvidas ou utilizadas no processo de ensino-aprendizagem?
- **QS.5:** Os alunos desenvolveram as atividades de forma individual ou em equipe? De forma teórica ou prática?
- **QS.6:** Qual a caracterização da organização de ensino superior (pública, privada)?
- **QS.7:** Quais as principais dificuldades relatadas, pelos professores, no processo de ensino?
- **QS.8:** Quais as principais dificuldades encontradas, pelos alunos, no processo de aprendizagem?

3.2. Palavras-Chave

A partir das questões de pesquisa, palavras-chave foram identificadas em acordo com a estrutura População, Intervenção, Contexto e Resultados para a posterior formulação da *string* de busca. O Quadro 2, apresenta os componentes e os termos que compõem as palavras-chave utilizadas para responder a QP1 (questão de pesquisa) e as QS (questões secundárias). Ambas apenas se diferenciam na dimensão Intervenção.

Quadro 2 - Construção da Palavra-chave para as questões principais

Palavras-chave	Termos
População	Inglês: <i>Parallel Programming</i> . Português: Programação Paralela
Intervenção	Inglês: <i>Teaching, Learning</i> . Português: Ensino, Aprendizagem

Palavras-chave	Termos
Contexto	Inglês: <i>Graphics card, GPU, GPGPU</i> Português: Placa Gráfica, GPU, GPGPU
Resultados	Inglês: <i>Method, Practice, Technique, Methodology, Tool, Approach.</i> Português: Metodologia, Técnica, Prática, Método, Ferramenta, Abordagem;

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

3.3. Fontes de Pesquisa

Para a seleção das fontes de pesquisa, foram definidos os seguintes critérios:

- Disponibilidade para consultas web;
- Disponibilidade para busca de artigos através do domínio da UFPA;
- Disponibilidade de artigos na íntegra através do domínio da UFPA ou a partir da utilização da *engine* de busca Google ou Google Scholar ou Portal CAPES;
- Disponibilidade de artigos em inglês ou português;
- Que possuam máquinas de busca;

Sendo assim, as fontes definidas para a extração de dados dos estudos primários são as bases digitais, divididas em duas bases: nacionais, apresentada no Quadro 3, e internacionais, apresentadas no Quadro 4.

Quadro 3 – Fonte de Pesquisa Nacional.

Periódicos
Revista de Informática Teórica e Aplicada.
Revista Informática na Educação: Teoria e Prática.
Revista Novas Tecnologias na Educação (RENOTE).
Revista Principia (IFPB).
Revista de Educação, Ciência e Tecnologia.
Congressos/Conferências
Congresso Brasileiro de Informática na Educação (CBIE).
Simpósio Brasileiro de Informática na Educação.
<i>Workshop</i> Desafios da Computação Aplicada à Educação.
<i>Workshop</i> de Informática na Escola (WIE).
<i>Workshop</i> sobre Educação em Computação (WEI).
<i>Workshop</i> em Desempenho de Sistemas Computacionais e de Comunicação.
<i>Compute on the Beach.</i>

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Esta divisão de bases foi necessária, pois o objetivo inicial da RSL era buscar estudos apenas realizados no Brasil, porém não houve retorno de trabalhos quando a pesquisa foi realizada somente nas bases nacionais, Quadro 3. Havendo, com isso, a necessidade de se expandir a pesquisa em bases internacionais, para se analisar estudos, e/ou relatos de experiências de professores no exterior, ou de professores brasileiros que publicaram seus estudos no exterior, sobre o tema em questão, ou seja, o ensino da programação paralela utilizando placas gráficas.

Quadro 4 – Fonte de Pesquisa Internacional.

Periódicos
<i>Transactions on Computing Education</i> (ACM TOCE)
<i>Transactions on Education</i> (IEEE ToE);
<i>Computer Science Education</i> (TF CSE);
<i>Journal on Computational Thinking</i> (JCThink);
<i>Computers Education</i> (CE)
<i>The Internet and Higher Education</i> (IHE);
<i>IEEE Transactions on Learning Technologie</i> (IEEE TLT);
<i>Computer Science Education</i> (TandF CSE);
<i>Interactive Learning Environments</i> (TandF ILE);
<i>British Journal of Educational Technology</i> (BJET);
<i>Australasian Journal of Educational Technology</i> (AJET);
<i>Journal of Educational Technology Society</i> (J-ETS);
<i>International Journal of Educational Technology in Higher Education</i> (IJETHE);
<i>Informatics in Education</i> (InfEdu);
<i>European Journal of Information Systems</i> (EJIS);
<i>Information Systems Journal</i> (ISJ);
<i>Journal of Management Information System</i> (JMIS);
<i>Communications of the Association for Information Systems</i> (CAIS);
Congressos/Conferências
Congresso Internacional de Informática Educativa
<i>Workshop on Education for High Performance Computing</i> (EduHPC);
<i>Principles and Practice of Parallel Programming</i> (PPoPP);

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

3.4. String de Busca

As *strings* de busca foram adaptadas segundo as máquinas de buscas de cada fonte de pesquisa. No Quadro 5, são apresentadas as variações das *strings* utilizadas com base nas palavras-chave definidas.

Quadro 5 - Construção da *string* de busca.

Fonte	String de busca
Português	("programação paralela") AND ("método" OR "prática" OR "técnica" OR "metodologia" OR "ferramenta" OR "abordagem") AND (("placa gráfica" OR "GPU" OR "GPGPU") AND ("ensino" OR "aprendizagem")).
Inglês	("parallel programming") AND ("method" OR "practice" OR "technique" OR "methodology" OR "tool" OR "approach") AND (("graphics card" OR "GPU" OR "GPGPU") AND ("teaching" OR "learning"))

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

3.5. Escopo e Restrições de pesquisa

A pesquisa possui um escopo que obedece às restrições definidas no Quadro 6, que asseguram a viabilidade da pesquisa.

Quadro 6 - Escopo e Restrições de pesquisa

Escopo	Restrições
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Artigos disponíveis na web e acessíveis por meio da rede de domínio da Universidade Federal do Pará cuja a busca possa ser realizada via <i>engine</i> da <i>Google</i> e <i>Google Scholar</i>; ▪ Disponibilidade de artigos em Inglês e Português; ▪ Uso de mecanismos de busca utilizando palavras-chave; 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Os trabalhos devem mencionar pelo menos uma das palavras chaves propostas; ▪ A pesquisa não deve ocorrer em ônus financeiro aos pesquisadores, ou seja, deve-se selecionar apenas trabalhos que tenham acesso gratuito; ▪ A pesquisa deve estar restrita aos resultados publicados entre 01 de janeiro de 2016 a 31 de dezembro de 2020.

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

3.6. Critérios de Inclusão e Exclusão

Os critérios de inclusão e exclusão servem para avaliar a qualidade de um artigo científico, e assim criar uma lista de possíveis artigos primários selecionados, e outra, com os artigos excluídos (Pereira, 2019). Os critérios utilizados nesta pesquisa foram definidos pelos pesquisadores envolvidos nesta Revisão Sistemática. Assim, o Quadro 7, apresenta os critérios de Inclusão utilizados, e o Quadro 8, apresenta os critérios de Exclusão definidos para a RSL.

Quadro 7 – Critérios de Inclusão

Critérios de Inclusão
CI.01. Trabalhos que apresentem primariamente, abordagens no contexto de ensino da programação paralela e que utilize as placas gráficas como parte ou totalidade da abordagem;
CI.02. Trabalhos que apresentem relatos de práticas de ensino da programação paralela utilizando placas gráficas.

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Quadro 8 – Critérios de exclusão

Critérios de Exclusão
CE.01. Estudos que não estejam disponíveis livremente para consulta ou download (em versão completa) através das fontes de pesquisa ou através das ferramentas de busca Google (http://www.google.com.br/) e/ou Google Scholar (http://scholar.google.com.br/);

CE. 02. Estudos que claramente não atendam as questões de pesquisa;
CE. 03. Estudos repetidos (em mais de uma fonte de busca) terão apenas sua primeira ocorrência considerada;
CE. 04. Estudos enquadrados como resumos, <i>keynote speeches</i> , cursos, tutoriais, workshops e afins;
CE. 05. Estudos que não mencionem as palavras-chave da pesquisa no título, resumo ou nas palavras-chave do artigo, salvo trabalhos que abordem algum processo de ensino de programação paralela com placas gráficas;
CE.06. Estudos que não estiverem inseridos no contexto do ensino da programação paralela com placas gráficas;
CE. 07. Estudos que não estiverem apresentados nas linguagens aceitas (portuguesa e inglesa);

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

3.7. Avaliação da Qualidade

A avaliação da qualidade de um artigo possibilita com que trabalhos estejam precisamente alinhados com os objetivos da RSL proposta, que tenham uma maior contribuição para as questões de pesquisa, e tenham maior notoriedade entre os estudos primários levantados. Ou seja, a avaliação da qualidade de um artigo científico é a mensuração de sua relevância e conteúdo. Esta avaliação é um dos critérios de inclusão ou exclusão aplicados aos estudos durante a seleção. Ao minimizar o viés da pesquisa, assegura-se a validação interna e externa (Kitchenham, 2007). Portanto, no Quadro 9, são apresentados os critérios de avaliação da qualidade dos estudos primários, adaptados de (Costa, 2010):

Como é possível notar, os critérios (1) a (4) são genéricos, ou seja, aplicam-se a todos os estudos primários avaliados, enquanto os critérios (5) a (8) são específicos, aplicam-se especificamente aos respectivos tipos de trabalhos mencionados.

3.8. Processo de Avaliação dos Estudos Primários

Os estudos primários selecionados são lidos em totalidade e então são avaliados quanto aos critérios de qualidade. Para avaliar o grau de adequação aos critérios de qualidade, foi adotada uma estratégia de avaliação semelhante à proposta por (Costa, 2010), onde se utiliza a escala de *Likert-5*, permitindo respostas gradativas de 0 (discordo totalmente) à 4 (concordo totalmente). Porém, foi utilizada a escala *Likert-3*, permitindo respostas gradativas de 0 (discordo totalmente) à 2 (concordo totalmente), pois com menos itens de *Likert* os critérios se tornam menos subjetivos. Para auxiliar a avaliação, seguindo a escala de *Likert-3* para cada critério de qualidade, foram definidas escalas. Tais níveis são apresentados a seguir:

- Concordo totalmente (2): deve ser concedido no caso em que o trabalho apresente no texto os critérios que atendam totalmente a questão;
- Neutro (1): deve ser concedido no caso em que o trabalho não deixa claro se atende ou não a questão;
- Discordo totalmente (0): deve ser concedido no caso em que não existe nada no trabalho que atenda aos critérios da questão.

Quadro 9 – Critérios de Avaliação da Qualidade dos Estudos Primários.

Critérios de Avaliação	
1. Introdução/Planejamento	a. Os objetivos ou questões do estudo são claramente definidos (incluindo justificativas para a realização do estudo)? b. O tipo de estudo está definido claramente?
2. Desenvolvimento	a. Existe uma clara descrição do contexto no qual a pesquisa foi realizada? b. O trabalho é adequadamente referenciado (apresenta trabalhos relacionados ou semelhantes e, baseia-se em modelos e teorias da literatura)?
3. Conclusão	a. O estudo relata de forma clara e não ambígua os resultados? b. Os objetivos ou questões do estudo são alcançados?
4. Critérios para a Questão de Investigação	a. O estudo lista primária ou secundariamente abordagens para apoiar as atividades de Ensino da Programação Paralela?
5. Critério Específico para estudos Experimentais	a. Existe um método ou um conjunto de métodos descrito para a realização do estudo?
6. Critério Específico para estudos Teóricos	a. Existe um processo não tendencioso na escolha dos estudos?
7. Critério Específico para Relato de Experiência Industrial	a. Existe uma descrição sobre a(s) instituição (ões) onde foi conduzido o estudo?

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

É definido uma escala de avaliação para cada critério de qualidade previamente estabelecido (Pereira, 2019). O Quadro 10, apresenta a escala utilizada para cada critério de qualidade.

Quadro 10 – Escala de *Likert* -3 por critério

Critério	Escala
1a.	2 – Define e justifica o estudo claramente. 1 – Define claramente o estudo, mas não justifica. 0 – Não define os objetivos e nem justifica o estudo.
1b.	2 – Define o tipo de estudo, referenciado na literatura a metodologia. 1 – Define o tipo de estudo, porém sem referenciar a metodologia. 0 – Não é possível inferir o tipo de estudo.

Critério	Escala
2a.	2 – Define claramente uma seção com o contexto da pesquisa. 1 – O contexto da pesquisa está disperso ao longo do texto. 0 – O contexto da pesquisa não é abordado.
2b.	2 – O texto apresenta uma seção de trabalhos relacionados. 1 – O texto apresenta trabalhos relacionados dispersos ao longo do texto. 0 – O texto não apresenta trabalhos relacionados nem se apoia na literatura.
3a.	2 – Resultados são claramente apresentados na seção de conclusão. 1 – Resultados apresentados na conclusão não são claros. 0 – Não são apresentados resultados.
3b.	2 – Os resultados estão totalmente aderentes ao objetivo do estudo. 1 – Os resultados são parcialmente aderentes ao objetivo do estudo. 0 – Não é alcançado nenhum resultado.
4a.	2 – Alguns dos elementos é claramente descrito. 1 – Alguns dos elementos é avaliado, porém não descrito. 0 – Nenhum dos elementos é apresentado direta ou indiretamente.
4b.	2 – Endereça a abordagem para alguma atividade de forma detalhada (o nome, o que representa e como se usa a abordagem). 1 – Endereça a abordagem para alguma atividade de forma resumida (apenas o nome da abordagem). 0 – Não é apresentada nenhuma abordagem.
5a.	2 – O método de experimento é definido e referenciado claramente. 1 – O método de experimento é citado. 0 – Não é apresentada nenhuma abordagem.
6a.	2 – O texto descreve critérios para a escolha dos estudos. 1 – O texto descreve apenas estudos aderentes ao estudo apresentado. 0 – O texto não descreve estudos base.
7a.	2 – A área de atuação, tamanho e origem da organização são informados. 1 – Apenas uma das características do item 4 é informada. 0 – O estudo não foi conduzido em uma ou mais organizações.

Fonte: Adaptada de (Costa, 2010).

Para cada artigo avaliado foi atribuída uma pontuação, assim enquadrando-o em um dos cinco níveis de qualidade definidos por (Beecham, 2007), como mostra o Quadro 11.

Quadro 11 – Níveis de Qualidade

Faixa de Notas	Avaliação
Excelente	> 86%
Muito Boa	66% a 86%

Boa	46% a 65%
Média	26% a 45%
Baixa	< 26%

Fonte: (Beecham, 2007).

3.9. Procedimentos da RSL e da Seleção dos estudos Primários

Para a condução desta RSL foram alocados três pesquisadores (um mestrando e dois graduandos), que realizaram os seguintes passos:

- A verificação e validação das *strings* de busca com o intuito de averiguar sua acurácia no retorno dos artigos primários e também, assim, poder criar múltiplas instâncias destas *strings* adaptadas para cada base de dados. No início da RSL foram selecionados 2 artigos base. Estes artigos foram selecionados pois estavam precisamente alinhados com o objetivo desta revisão. Tais artigos tinham seus retornos verificados após a aplicação da *string* de busca. Para assim, verificar a acurácia da *string* utilizada;
- Após os testes das *strings* de busca, os três pesquisadores aplicaram a mesma nos indexadores de conteúdo científico por meio do domínio da Universidade Federal do Pará para encontrar os possíveis artigos primários;
- No momento seguinte, os pesquisadores leram os títulos e os resumos dos artigos retornados pela *string* de busca. Para assim, criar uma lista com os possíveis artigos primários;
- Os artigos presentes na lista de possíveis artigos primários tiveram seus títulos, resumos, introduções e conclusões lidos. Neste momento, foram aplicados os critérios de inclusão e exclusão para descartar os falsos positivos, e assim criar uma lista dos artigos primários e uma lista dos artigos excluídos;
- As listas contendo os artigos primários foram comparadas e unificadas. Um artigo era incluído se ao menos um pesquisador o tivesse inserido em sua lista de possíveis artigos primários;
- Os estudos presentes na lista foram lidos em sua totalidade e os critérios de qualidade foram aplicados nestes. Assim, os artigos foram categorizados segundo os níveis de (Beecham, 2007);
- Após, os artigos presentes na lista gerada anteriormente, passaram pela etapa de extração de dados;
- Ademais, todos os documentos e procedimentos foram validados a partir de reuniões com o orientador desta pesquisa.

4. ANÁLISE DOS RESULTADOS

Nesta seção será apresentada a condução das análises dos resultados dos estudos primários, visando responder as questões de pesquisa e as questões bibliométricas.

4.1. Busca Manual e Automática

Visando garantir uma maior confiabilidade para a RSL proposta, seguiu-se o procedimento de realizar um estudo piloto ao início desta RSL (Kitchenham, 2007), onde foi realizada uma busca manual em todas as bases utilizadas e em mais algumas outras bases que não compuseram a revisão sistemática devido terem alguma restrição de uso (vide Quadros 3 e

4). A busca manual visa analisar a qualidade dos trabalhos disponíveis sobre os temas referidos a cada uma das questões de pesquisa. Assim, foi identificada uma quantidade mínima de trabalhos relacionados com cada um dos temas. Em consequente, foram selecionados alguns dos trabalhos da busca manual como estudos chave, que, posteriormente, foram identificados nas bases digitais durante a busca automática.

Após isso, foi definido o protocolo da revisão sistemática, seus atributos, como questões bibliométricas, *strings* de busca, fontes de pesquisa, entre outras informações. Com as *strings* de busca definidas para cada base digital, cada pesquisador iniciou a busca automática em sua respectiva base. Os dados retornados pelas bases foram armazenados em um software especializado que fornece um banco de dados para o auxílio desta tarefa. Para esta fase, foram coletadas as seguintes informações de cada artigo: a base de onde foi extraído o artigo; o título; os autores; o ano de publicação; o nome do veículo no qual o artigo foi publicado; o resumo; e o endereço do artigo na sua base.

4.2. Seleção dos Estudos pelo Título e Resumo

Para realizar a seleção dos estudos primários foram utilizados: três pesquisadores (um aluno de Mestrado e dois alunos de Graduação); e o acesso às fontes de pesquisa por meio do domínio da Universidade Federal do Pará.

Neste momento, cada pesquisador leu apenas o título e o resumo para a primeira etapa de seleção dos estudos primários, onde se buscou compreender o possível alinhamento do trabalho lido com as questões de pesquisa desta RSL a partir do entendimento do objetivo geral apresentado no trabalho. Caso o trabalho, em seu título e resumo, abordasse questões relevantes aos temas desta RSL, os mesmos eram considerados aceitos nesta fase.

Neste momento, foram identificados e excluídos os estudos duplicados entre as diferentes bases, e também, foram identificados e excluídos os trabalhos que estavam desalinhados aos temas desta RSL. Caso houvesse dúvida sobre o alinhamento do trabalho com as questões de pesquisa, os pesquisadores liam a introdução e a conclusão do artigo para decidir sobre a inclusão do artigo.

4.3. Seleção dos Estudos pela Introdução e Conclusão ou Leitura Completa

Os estudos primários foram coletados durante o período de 6 meses (de dezembro de 2020 a maio de 2021), utilizando as *strings* de busca nas fontes de pesquisa definidas no protocolo. Inicialmente, foram retornados 445 artigos e após uma filtragem inicial para a remoção dos artigos repetidos restaram 404 estudos. Tais artigos tiveram seus títulos, resumos e palavras-chave lidos, e após esta etapa, restaram um total de 400 artigos. Tais estudos foram declarados potencialmente relevantes, pois passariam pelos critérios de inclusão e exclusão. Enquanto que na terceira etapa, artigos não relevantes, duplicados, inacessíveis ou em outro idioma que não fossem em português ou inglês foram excluídos. Posteriormente, restaram apenas 2 artigos incluídos, sendo que estes passaram pelos critérios de qualidade e pela etapa de extração de dados e consequentemente tiveram sua leitura feita em sua totalidade.

Na Tabela 1 é apresentado um resumo das etapas da RSL e o número de artigos retornados em cada etapa.

Tabela 1 – Seleção dos Estudos Primários

Fontes	E.R.	F.R.	1° Sel.	2° seleção								
				Excluídos							Incluídos	
				CE.1	CE2	CE3	CE4	CE5	CE6	CE7	CI1	CI2
ACM TOCE ⁵	357	22	0	23	123	2	56	45	85	0	0	1
IEEE ToE ⁶	13	0	2	1	7	0	2	0	0	0	0	1
IJETHE ⁷	11	0	2	0	7	0	2	0	0	0	0	0
Conference PPOp ⁸	64	19	0	3	29	13	0	0	0	0	0	0
TOTAL	445	41	4	27	166	15	60	45	85	0	0	2

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Legenda: E.R.: Estudos Retornados.
F.R.: Filtragem dos Repetidos.
1ª Sel.: 1ª Seleção (Títulos e Palavra-chave).

4.4. Avaliação da Qualidade

Foi utilizada uma planilha eletrônica para armazenar os dados dos artigos para responderem as questões bibliométricas e também calcular a nota (Excelente, Muito Boa, Boa, Média, Baixa) para artigo avaliado. A nota era calculada baseada nos atributos avaliados nos critérios de qualidade e na escala *Likert-3*, que representava a adesão destes atributos aos critérios de qualidade (Santos, 2010). A Tabela 2 apresenta os resultados da avaliação da qualidade.

Tabela 2 – Qualidade dos estudos primários

	Baixa	Média	Boa	Muito Boa	Excelente	TOTAL
Número de Estudos Primários	0	0	1	0	1	2
%	0	0	50	0	50	100

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Como pode ser observado, 01 estudo ficou na faixa Boa, e 01 estudo ficou na faixa Excelente. A lista dos estudos primários (EP) incluídos e selecionados pode ser visualizado no Quadro 12.

⁵ ACM TOCE: *Transactions on Computing Education*.

⁶ IEEE ToE: *Transaction on Education*.

⁷ IJETHE: *International Journal of Education Technology in Higher Education*.

⁸ Conference PPOp: *Principles and Practice of Parallel Programming*.

Quadro 12 – Lista de Trabalhos Incluídos.

Trabalhos Incluídos	Fonte
EP.1. <i>Activity Based Approach for Teaching Parallel Computing: An Indian Experience.</i>	IEEE
EP.2. <i>GPGPU Programming for CS Undergraduates: Which one is Superman?</i>	ACM

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

4.5. Extração dos Dados

Esta etapa consiste em organizar os dados extraídos para apresentação dos gráficos que serviram como panorama geral e base para futuras análises. Entre os gráficos gerados tem-se os definidos na Seção 3.10. A base para as respostas às questões de pesquisa faz parte da lista dos trabalhos incluídos e selecionados na RSL, listados no Quadro 12.

4.6. Respostas às Questões Bibliométricas

Esta seção descreve a extração dos dados referentes às questões bibliométricas da RSL conduzida.

QB.1: Qual é a quantidade de trabalhos retornados por indexador de estudos?

Segundo o protocolo apresentado na Seção 3, foi aplicada a *string* de busca nas máquinas de busca presentes nos indexadores de conteúdo científico, sendo retornado um total de 445 artigos, com a base ACM TOCE (*Transactions on Computing Education*) retornado o maior número de estudos, 80,22%. A Conference PPop (*Principles and Practice of Parallel Programming*) retornou 14,38%, a IEEE ToE (*Transaction on Education*) retornou 2,92% e a IJETHE (*International Journal of Education Technology in Higher Education*) apresentou 2,47% dos trabalhos retornados. O gráfico da Figura 1 apresenta a quantidade de artigos retornados por base indexadora.

BQ.2: Qual é a quantidade de estudos retornados por ano?

O período de coleta dos artigos foi de 2016 a 2020, visto que esta revisão foi realizada desde dezembro de 2020 a maio de 2021. Este período foi estabelecido por ser padrão nos estudos desta natureza.

Com isso, como retornaram apenas dois estudos, os mesmos são dos anos de 2019 e 2020.

BQ.3: Qual é a quantidade de estudos retornados por país?

Os estudos dois estudos retornados, foram desenvolvidos, um nos Estados Unidos e o outro, na Índia.

BQ.4: Quantidade de estudos por tipo de estudo? (Teórico, ou Relato de experiências).

Os estudos dois estudos retornados são relatos de experiências realizados em turmas de programação paralela, que utilizaram placas gráficas, como ferramentas para o ensino.

BQ.5: Qual é a quantidade de estudos retornados por tipo de publicação? (Conferência, periódico ou workshop).

Os estudos retornados foram publicados em dois periódicos, um no IEEE, e o outro na ACM.

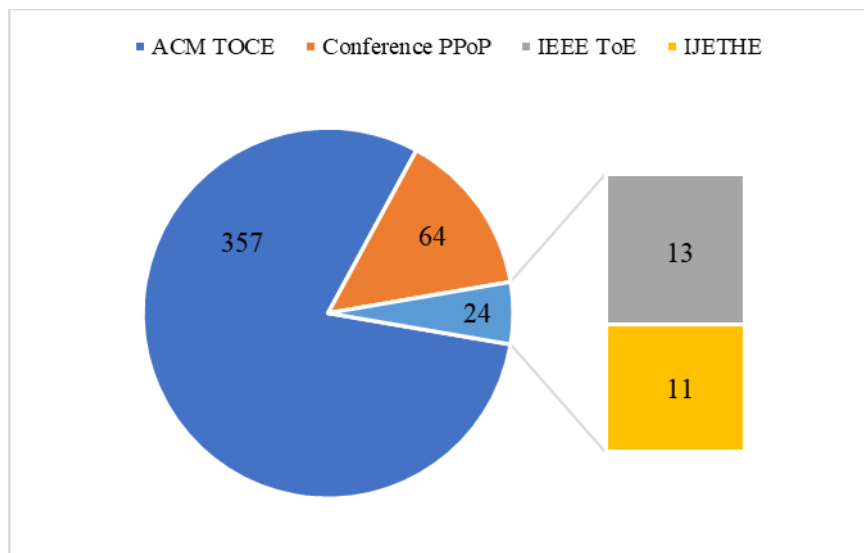


Figura 1 – Quantidade de trabalhos retornados por indexador

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

4.7. Respostas às Questões de Investigação ou de Pesquisa.

Este trabalho responde as questões principais levantadas no protocolo desta Revisão quasi Sistemática da Literatura como meio de investigar o estado da arte no âmbito de metodologias para o ensino da programação paralela, tendo como ferramenta, as placas gráficas. A seguir, são apresentadas as respostas das questões de pesquisa, e as considerações dos autores a respeito delas.

QP.1: Quais são as abordagens utilizadas para o ensino-aprendizagem da programação paralela utilizando placas gráficas?

Durante a etapa de extração de dados, foram selecionados dois estudos que relatam as suas experiências no processo de ensino-aprendizagem da programação paralela, com placas gráficas. Os autores utilizam diferentes metodologias, sendo que, em um dos casos, utiliza-se mais de uma abordagem de ensino.

No estudo [EP.1], foram utilizadas algumas diferentes abordagens para o ensino, desde aulas tradicionais, onde o professor, através de explicações teóricas repassa o conteúdo para os alunos; passando por discussões dinâmicas e interativas, intermediadas pelo professor, que anotava as questões e temas sugeridos pelos alunos, como problemas de interesse específicos, o que contribuía para o aprofundamento dos estudos em temas como a coerência de cache, os paradigmas de programação paralela, chegando até ao desenvolvimento de aplicativos móveis. Essas discussões resultavam em atividades de miniprojetos, os quais eram expostos os problemas aos alunos, e estes tinham que solucioná-los, em grupos, e durante o seu desenvolvimento, as ideias de implementação eram avaliadas. Porém, para se chegar ao ensino da programação paralela utilizando placas

gráficas, com CUDA, passava-se por tecnologias e bibliotecas anteriores, como o de vários processadores, com bibliotecas como o OpenMP⁹ e MPI¹⁰.

No entanto, além das abordagens tradicionais, foram utilizadas, atividades desplugadas e o uso da programação curta em sala de aula. As atividades desplugadas, desenvolviam-se com o objetivo de ilustrar conceitos de programação paralela sem o uso de um computador. O estudo relata duas práticas: a primeira, era organizada com os alunos segurando cartas com as letras M, E, S, I e tinha como objetivo demonstrarem o movimento de mudança que corresponde aos estados da memória cache. Na segunda, era realizada uma dinâmica para encontrar o aluno mais jovem de toda a classe, para isso, os estudantes seguiam estratégias diferentes. Em uma delas, foi utilizado o conceito de thread, onde os alunos eram agrupados de acordo com a disposição dos assentos das mesas (como Fila), e lhes era solicitado encontrar o mais jovem entre eles. Com isso, o conceito de computação e comunicação, entre as Filas, era utilizado para se chegar ao resultado, demonstrando a importância das métricas de desempenho na relação entre comunicação e computação.

Já na abordagem que utiliza o uso da programação curta em sala de aula, eram repassados problemas considerados de pequena complexidade, os quais não geram muitas linhas de códigos, e com isso, era possível discuti-los, bem como, solucioná-los durante as aulas práticas. Somando-se a isso, também eram repassadas tarefas de programação, baseadas em laboratório, onde os alunos recebiam tarefas de programação para completar fora do horário de aula, usando o laboratório ou seu próprio computador.

No estudo [EP.2] foi utilizada a abordagem analítica para o ensino, ou seja, o ensino foi dividido em duas partes: a primeira, de forma teórica, onde o conteúdo era repassado de forma tradicional, com explanação dos conceitos, seguidos de exemplos; e a segunda, de forma prática, onde os conceitos eram desenvolvidos em uma abordagem baseada em problemas e desafios, sendo esses, específicos na área de Computação Gráfica.

Ao longo do curso, os alunos iam solucionando as partes de um problema, que no caso, era realizar a identificação de uma imagem. E as etapas desse problema, eram ordenados em um crescente grau de complexidade.

QS.1: Quais os métodos de avaliação foram utilizados para verificar o aprendizado dos alunos?

Em [EP.1] o professor, para avaliar o desempenho e o nível de aprendizado dos alunos, assim como, o desempenho geral do curso, para fins de comparação com os anos anteriores, utilizou uma pesquisa usando escala *Likert-4*, no qual uma avaliação é realizada e pontua cada quesito a ser avaliado, num conceito de 1 a 4, com os valores atrelado aos conceitos (1 - concordo totalmente; 2 – concordo; 3 - discordo e 4 - neutro), avaliando, dessa forma, a compreensão dos alunos por meio de testes curtos em sala de aula. Foram também utilizados, questionários para verificar o entendimento dos tópicos ministrados, levando em consideração o tema a ser implementado. Além disso, eram realizadas avaliações através de códigos de fácil entendimento, e que eram solicitadas a saída para estes. Eles tinham alguns minutos para pensar e responder. As respostas eram discutidas em sala, sendo fornecida a solução, com explicação, pelo professor. As pontuações foram

⁹ <https://www.openmp.org/>

¹⁰ <https://www.open-mpi.org/>

divididas para nota final do curso, sendo: exame final, 40%; miniprojeto, 20%; testes de avaliação provisórios, 20% e atribuição de programação, 10%.

No estudo [EP.2] é citado, como forma de avaliação, uma única atividade avaliativa prática que era realizada no final do curso, considerando as etapas realizadas anteriormente. O resultado da avaliação não é citado no trabalho, no entanto, a mesma é disponibilizada pelos autores.

QS.2: Quais os problemas são solucionados, nos ambientes de ensino, utilizando a programação paralela com placas gráficas?

No trabalho [EP.1], um dos tópicos de aprendizagem é a execução de miniprojetos no qual os alunos tinham que encontrar soluções através da computação paralela. Conforme descrito no trabalho, as aplicações envolviam varredura de parâmetros, simulação da corrente nos oceanos, filtragem de ruído em imagens, aplicações do algoritmo Gauss-Seidel para sistemas lineares e aplicações de classificação do tipo ímpar-par, sendo estes últimos, por suas estruturas, melhores solucionados por meio da programação paralela, e que se beneficiam dos vários núcleos das placas gráficas.

Já o estudo [EP.2], desenvolve o curso em um problema de identificação de imagem, através da comparação, cuja tarefa é categorizá-las em uma série de classes pré-definidas de acordo com seus conteúdos. O conteúdo do curso é ministrado através da resolução deste problema, sendo este, implementado de forma gradual. O problema consiste no manuseio dos pixels (pontos de coloração de telas) que são processados de forma paralela, com o uso de placas gráficas.

QS.3: O ensino da programação paralela foi realizado em uma disciplina específica, ou foi ministrada como um tópico dentro de outra disciplina?

Em [EP.1] o ensino foi realizado em uma disciplina específica, denominada de Computação Paralela e Distribuída, como parte do curso de pós-graduação em Ciência da Computação.

No [EP.2], o ensino também foi ministrado em uma disciplina específica, chamada de Uma Introdução para GPGPU usando CUDA e foi realizada em um curso de verão, como uma extensão da disciplina Introdução à Sistemas de Computadores, que faz parte da grade fixa da graduação em Ciência da Computação. Esta disciplina foi ministrada para alunos de variados níveis de escolaridade (técnico, graduação e pós-graduação).

QS.4: Quais as técnicas e/ou ferramentas (cluster físico, placa gráfica, virtualização, bibliotecas) foram desenvolvidas ou utilizadas no processo de ensino-aprendizagem?

Em [EP.1] os alunos tinham uma introdução aos conceitos básicos de aplicações utilizando OpenMP e MPI, para assim, iniciarem os conceitos em CUDA. É descrito que os alunos utilizavam laptops e PCs com GPUs Nvidia para as aulas práticas, porém não fornecendo suas respectivas ou configurações técnicas.

Já em [EP.2], descreve o uso exclusivo de Placas gráficas GPGPU Nvidia. Para isso, suas implementações realizadas utilizando a API OpenCL e CUDA, todos os códigos foram desenvolvidos na linguagem C/C++. O hardware utilizado para o curso era um Intel

Core i7-7700K com uma única placa de vídeo NVIDIA GeForce GTX 1080. O sistema operacional era Ubuntu Linux, no entanto, não foi relatada a versão.

QS.5: Os alunos desenvolveram as atividades de forma individual ou em equipe? De forma teórica ou prática?

No estudo [EP.1], são descritas diversas atividades, em ambos os modos: Exercícios teóricos eram realizados em sala, de forma individual, assim como, trabalhos de implementação curta. Atividades práticas, eram realizadas em duplas. E ao final, o miniprojeto foi realizado em equipes de até três integrantes.

Já no estudo [EP.2], a prática e a teoria foram trabalhadas de forma individual. O artigo descreve a primeira etapa do curso como teórica, porém o foco descrito no artigo é na parte prática, a qual eram desenvolvidas etapas de implementação, com base em cada tópico teórico inicialmente visto.

QS.6: Qual a caracterização da organização de ensino superior (pública, privada)?

No trabalho [EP.1], o estudo é realizado na Faculdade pública Autônoma de *Thiagarajar College of Engineering*, na Índia, a qual é financiada, tanto pelo governo federal, quanto pelo governo estadual de Tamilnadu, cidade onde fica a Faculdade.

Em [EP.2], o relato de experiência é desenvolvido na Universidade particular *Appalachian State University (App State)*, nos EUA), e tem como um dos objetivos, fixar o curso na grade curricular da graduação de Ciência da Computação.

QS.7: Quais as principais dificuldades relatadas, pelos professores, no processo de ensino?

Em [EP.1], os autores relatam que os alunos tiveram dificuldades em decidir os modelos mais apropriados das técnicas de programação paralela durante suas avaliações. Relatam, também, que tiveram dificuldades em relação a detalhes específicos do conteúdo dado no curso, como apontar documentos recentes sobre o problema de compartilhar protocolo de coerência de cache, por exemplo. Foram relatados problemas, ainda, dos alunos não possuírem conhecimentos sobre conceitos de Computação Paralela e Distribuída (CPD) antes de fazerem o curso, por não o terem adquirido na graduação, ou por nesta, os conceitos terem sido repassados de forma básica. Estes alunos demonstraram mais dificuldades em realizar as tarefas e conseqüentemente, houve a necessidade desses conceitos serem abordados durante o curso. Os autores relatam, também, uma autocrítica sobre a experiência descrita no trabalho ser muito densa e em um número elevado de capítulos, o que poderia ser melhor organizado em termos de tópicos menores. Ao final, apontam a necessidade do curso de CPD ser incorporado ao currículo da graduação como uma disciplina.

[EP.2] relata sobre as dificuldades em se encontrar na literatura, compartilhamento de experiências em trabalhos, sobre o ensino da programação paralela, mas especificamente sobre placas gráficas. Os autores desenvolveram a disciplina, tomando como base o livro *Programming Massively Parallel Processors* de David B. Kirk e Wen-mei W. Hwu, pois o mesmo disponibiliza todo o material necessário (slides de aulas, exercícios e avaliações) para conduzir o curso. Após questionário passado aos alunos, os autores relataram variar o nível de dificuldades que os alunos tiveram, muito a

depender do conhecimento prévio do assunto. Ao final do trabalho, os autores também expõem que a maioria dos alunos que participaram do curso ainda não encontraram oportunidades de reutilizar as habilidades adquiridas durante a disciplina.

QS.8: Quais as principais dificuldades encontradas, pelos alunos, no processo de aprendizagem?

Os relatos descritos em [EP.1] não são postos de maneira clara as dificuldades sentidas pelos alunos, sendo unicamente pontuado, o fato de que alguns alunos, por possuírem “carência” nos conteúdos básicos que envolvem a programação paralela, acabaram apresentando uma maior dificuldade na realização das tarefas.

Em [EP.2], destaca alguns comentários relatados pelos alunos e, entre eles, pode-se apontar: a maior complexidade do CUDA na construção de códigos paralelos, como também, do contato inicial dos conceitos de programação paralela ter sido realizado diretamente com CUDA, ao invés de bibliotecas mais simples, como OpenMP e MPI, o que teria ajudado, segundo os alunos, no processo de aprendizado.

5. CONCLUSÃO E TRABALHOS FUTUROS

Com a evolução das arquiteturas dos computadores, houve a necessidade, também, de se evoluir a forma de se construir os programas, e de se ensinar o modo como eles são executados. A programação sequencial abriu caminho para a programação paralela, e com isso, soluções antes impensadas em um computador pessoal, passaram a ser executadas em algumas horas, ou alguns minutos em uma arquitetura paralela. Soma-se a isso, nas últimas décadas, placas gráficas, que antes eram utilizadas apenas para auxiliar no processamento gráfico, passaram a ser o centro do “novo” poder computacional. A pesquisa evoluiu, e com ela, é necessário, também, evoluir o ensino.

No entanto, ao contrário do ensino da programação sequencial, o ensino da programação paralela aborda desafios, que vão desde o uso de diferentes bibliotecas e ferramentas, ao uso de uma arquitetura específica, que possui problemas de balanceamento de carga e um maior impacto no desenvolvimento e desempenho das aplicações (Bachiega, 2018). E por conta disso, a necessidade de se equipar instituições de ensino com esse tipo de arquitetura, bem como, inserir esse conteúdo na formação dos alunos de graduação, faz-se necessário e urgente.

O objetivo dessa Revisão Sistemática da Literatura é de identificar abordagens e relatos de experiências envolvendo o ensino da Programação Paralela, utilizando especificamente, as placas gráficas, pois verificou-se que, apesar da grande necessidade e vantagens que essa tecnologia apresenta, a exploração e compartilhamento de experiências em relação à metodologias de ensino, ainda é pouco explorado, e isso pode ser comprovado com os resultados obtidos neste trabalho, onde apenas dois estudos, do exterior, foram identificados. Com isso, espera-se que este trabalho possa encorajar pesquisadores e professores a começarem a compartilhar as suas experiências com o ensino da Programação Paralela utilizando placas gráficas.

5.1. Trabalhos Futuros

A proposta inicial deste trabalho, era identificar metodologias que pudessem colaborar no ensino da Programação Paralela com placas gráficas, no entanto, com o número reduzido

de estudos retornados, percebe-se que ainda há uma lacuna a ser preenchida, e isso pode ser resultado da pouca aplicação no ensino desta parte da Programação Paralela, seja pelo custo financeiro na aquisição das placas gráficas, seja pela dificuldade do ensino da própria tecnologia. Com isso, como trabalhos futuros, espera-se identificar técnicas, em outras bases, para que se possa disseminar o ensino com placas gráficas, seguindo as recomendações de importantes instituições internacionais, como a ACM e IEEE; além, também, do que estabelece a SBC, no Brasil.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARROYO, M. (2013). *Teaching parallel and distributed computing to undergraduate computer science students*. In IEEE International Symposium on Parallel Distributed Processing, Workshops and Phd Forum, pages 1297–1303.

BACHIEGA, N. G.; SOUZA, P. S. L., BRUSCHI, S.; SOUZA, S. R. S. (2017), Mapeamento Sistemático do Ensino Teórico e Prático de Programação Paralela. VI Congresso Brasileiro de Informática na Educação (CBIE). 30 de outubro a 02 de novembro. Recife – PE.

BACHIEGA, N. G.; SOUZA, P. S. L., BRUSCHI, S.; SOUZA, S. R. S. (2018), Um Panorama do Ensino de Programação Paralela e Distribuída em Universidades Brasileiras. VII Congresso Brasileiro de Informática na Educação (CBIE). 29 de outubro a 01 de novembro. Fortaleza – CE.

BEECHAM, S.; BADDOO, N.; HALL, T.; ROBINSON, H.; SHARP, H. (2007). *Motivation in Software Engineering: A systematic literature review*. *Information and Software Technology*: Elsevier, v. 50, n. 860 -878.

BURKHART, H., GUERRERA, D., MAFFIA, A. (2014). *Trusted high-performance computing in the classroom*. In Workshop on Education for High Perf Computing, pages 27–33.

CHEN, J.; SHEN, L.; YIN, J.; ZHANG, C. (2018). *Parallel Programming Course Development Based on Parallel Computational Thinking*. Proceedings of ACM Turing Celebration Conference 2018. 18 a 20 May. Shanghai - China. <https://doi.org/10.1145/3210713.3210736>.

COSTA, C. S. (2010). Uma abordagem baseada em evidências para o gerenciamento de projetos no desenvolvimento distribuído de software. Dissertação de Mestrado – Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação - Universidade Federal de Pernambuco, Recife.

EASTERBROOK, S., SINGER, J., STOREY, M. A., & DAMIAN, D. (2008). *Selecting empirical methods for software engineering research*. In *Guide to advanced empirical software engineering* (pp. 285-311). Springer, London.

FENWICK, G.; NORRIS, C. (2020); *GPGPU Programming for CS Undergraduates: Which one is Superman?* ACM Southeast Conference. April 2-4. Tampa – FL. <https://doi.org/10.1145/3374135.3385268>

KITCHENHAM, B. (2007). *Guidelines for performing Systematic Literature Reviews in Software Engineering*, Technical Report EBSE-2007-01, Department of Computer Science Keele University, Keele.

MAFRA, S.; TRAVASSOS, G. (2006). Estudos Primários e Secundários apoiando a busca por Evidencia em Engenharia de Software - Relatório Técnico: RT-ES-687/06 – Programa de Engenharia de Sistemas e Computação - COPPE/UFRJ – Rio de Janeiro.

PEREIRA, E. F. DE O.; ARAÚJO, J. S.; SILVA, SAWAKI, W. DE M.; OLIVEIRA, S. R. B. (2019). Revisão Sistemática da Literatura na Computação Forense: Um Estudo de Caso Aplicado na Recuperação de Dados em Mídias Digitais. 16th *International Conference on Information Systems & Technology Management (CONTECSI) 2019*. DOI: 10.5748/16Contecsi/sec - 6138.

SANTOS, G. (2010). Revisão Sistemática, Minicurso. Simpósio Brasileiro de Qualidade de Software – SBQS 2010, Belém – PA.

SHAMSI, J. A., DURRANI, N. M., KAFI, N. (2015). *Novelties in teaching high performance computing*. In 2015 IEEE International Parallel and Distributed Processing Symposium Workshop, pages 772–778.